

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

99/8095-SNY
ISR 31191 3/4
(500P0297)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07283806 A**(43) Date of publication of application: **27 . 10 . 95**(51) Int. Cl. **H04J 11/00**(21) Application number: **06074750**(22) Date of filing: **13 . 04 . 94**(71) Applicant: **NIPPON HOSO KYOKAI <NHK>**

(72) Inventor:
**SAITO MASANORI
 KURODA TORU
 MORIYAMA SHIGEKI
 TAKADA MASAYUKI
 NAKAHARA SHUNJI
 TSUCHIDA KENICHI
 SASAKI MAKOTO
 YAMADA TSUKASA**

(54) **ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION
 MULTIPLEX MODULATION SIGNAL
 TRANSMISSION SYSTEM**

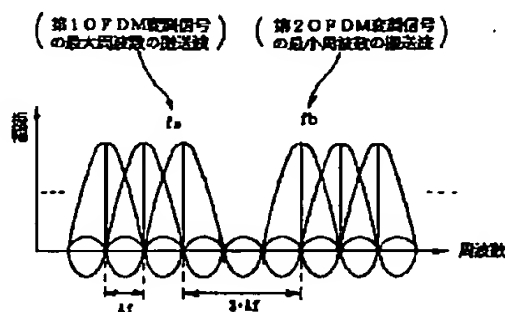
between them.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(57) Abstract:

PURPOSE: To send each OFDM modulation signal at a maximum bit rate per a transmission frequency band by allocating a transmission band in a form that an adjacent spectrum is in contact with spectrums of each OFDM modulation signal and locking a symbol clock phase.

CONSTITUTION: At first frequency intervals Δf_1 , Δf_2 of a carrier of 1st and 2nd OFDM modulation signals are set equal. An interval fb between a maximum carrier frequency fa of a 1st signal and a minimum carrier frequency fb of a 2nd signal is selected to be an integral multiple of $\Delta f = \Delta f_1 = \Delta f_2$. A symbol clock phase of a 1st OFDM modulation signal and that of a 2nd OFDM modulation signal are locked to each other thereby making ideally symbol switching position of the both coincident with each other. Then the setting above is made to set a value N of $N\Delta f = fb - fa$ to be an integer being one or over, then a DFT window applied discrete Fourier transformation to the 1st and 2nd OFDM modulation signals, then the relation of the 1st and 2nd OFDM modulation signals is set to be a relation as shown in figure. Thus, no interference disturbance is caused



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-283806

(43) 公開日 平成7年(1995)10月27日

(51) Int.Cl.⁸

H 0 4 J 11/00

識別記号

Z

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平6-74750

(22) 出願日 平成6年(1994)4月13日

(71) 出願人 000004352

日本放送協会

東京都渋谷区神南2丁目2番1号

(72) 発明者 斉藤 正典

東京都世田谷区砦一丁目10番11号 日本放送協会放送技術研究所内

(72) 発明者 黒田 徹

東京都世田谷区砦一丁目10番11号 日本放送協会放送技術研究所内

(72) 発明者 森山 繁樹

東京都世田谷区砦一丁目10番11号 日本放送協会放送技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 三好 秀和 (外8名)

最終頁に続く

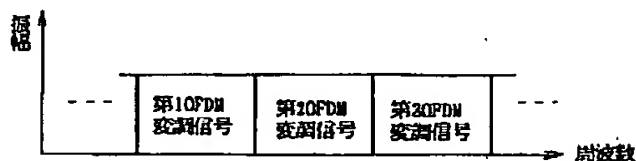
(54) 【発明の名称】 直交周波数分割多重変調信号伝送方式

(57) 【要約】

【目的】 本発明は異なるOFDM変調信号間に混信妨害を発生させることなく、与えられた伝送周波数帯の中に、可能な限り最大数のOFDM変調信号を割り当て、伝送周波数帯域幅当たり、最大のビットレートでデータを伝送する。

【構成】 ある伝送周波数帯を用いて複数の直交周波数分割多重 (OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 変調信号を送る際、各OFDM変調信号のスペクトルの間に、相互の干渉による混信妨害を防ぐためのガードバンドを設定することなく、隣接するOFDM変調信号のスペクトルが接する形で、各OFDM変調信号の伝送帯域を割り当て、さらに各OFDM変調信号のシンボルクロック位相をロックさせる。

本発明の方式を用いて任意の伝送周波数帯域に複数のOFDM変調信号を割り当てた場合の周波数スペクトルの例 ($f_b - f_a = \Delta f$ とした場合)



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ある伝送周波数帯域を用いて、複数の直交周波数分割多重（OFDM）変調信号を送る場合に、ある 1 個の OFDM 変調信号の伝送帯域として、前記伝送周波数帯域内の周波数 f_1 から周波数 f_2 までの周波数帯域を割り当て、これを第 1 OFDM 変調信号とし、別の 1 個の OFDM 変調信号の伝送帯域として、周波数 f_1 から周波数 f_2 までの周波数帯域に隣接した形で、前記伝送周波数帯域内の周波数 f_2 から周波数 f_3 までの周波数帯域を割り当て、これを第 2 OFDM 変調信号とするとともに、

これら第 1 OFDM 変調信号および第 2 OFDM 変調信号の伝送パラメータのうち、各搬送波の周波数間隔 Δf 、有効シンボル長 t_s 、ガードインターバル長 t_g を各々、等しい値にし、第 1 OFDM 変調信号を構成する各搬送波の中で最も高い搬送波の周波数を最大搬送波周波数 f_a とし、第 2 OFDM 変調信号を構成する複数の搬送波の中で最も低い搬送波の周波数を最小搬送波周波数 f_b とし、これら最大、最小搬送波周波数 f_a 、 f_b の差 $f_b - f_a$ の値を前記周波数間隔 Δf の整数倍とし、

送信側において、第 1 OFDM 変調信号のシンボルクロック位相と、第 2 OFDM 変調信号のシンボルクロック位相とを互いにロックさせ、

さらに第 1 OFDM 変調信号および第 2 OFDM 変調信号のサービスエリア内において、受信側における第 1 OFDM 変調信号と第 2 OFDM 変調信号との間に生じる相互干渉による混信妨害を最小にするように、第 1 OFDM 変調信号のシンボルクロック位相と第 2 OFDM 変調信号のシンボルクロック位相との位相差を設定する、ことを特徴とする直交周波数分割多重変調信号伝送方式。

【請求項 2】 前記第 2 OFDM 変調信号の最小搬送波周波数 f_b と前記第 1 OFDM 変調信号の最大搬送波周波数 f_a との差 $f_b - f_a$ の値を、第 1 OFDM 変調信号および第 2 OFDM 変調信号を構成する各搬送波の周波数間隔 Δf と等しくする、

ことを特徴とする請求項 1 記載の直交周波数分割多重変調信号伝送方式。

【請求項 3】 ある伝送周波数帯域の中に 3 個以上の OFDM 変調信号を割り当てる、

ことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の直交周波数分割多重変調信号伝送方式。

【請求項 4】 ある伝送周波数帯域で伝送される複数の OFDM 変調信号のうち、ある 1 個の OFDM 変調信号をシンボルクロック位相の基準とし、この位相基準となる OFDM 変調信号を基準 OFDM 変調信号とするとともに、

この基準 OFDM 変調信号の送信局を基準送信局とし、この基準送信局から、それ以外の送信局へ、無線回線、

有線回線のいずれかを用いて前記基準 OFDM 変調信号を送信し、

前記基準送信局以外の送信局においては、前記基準 OFDM 変調信号を受信し、これらの各送信局から送信される OFDM 変調信号のシンボルクロック位相を、前記基準 OFDM 変調信号のシンボルクロック位相にロックさせる、

ことを特徴とする請求項 1、2、3 のいずれかに記載の直交周波数分割多重変調信号伝送方式。

10 【請求項 5】 前記基準 OFDM 変調信号を前記基準送信局から前記各送信局へ分配するための無線回線として、前記基準送信局からの放送電波を用いる、

ことを特徴とする請求項 4 に記載の直交周波数分割多重変調信号伝送方式。

20 【請求項 6】 前記各 OFDM 変調信号のシンボルクロック位相を与える基準信号を設け、この基準信号を発生する基準信号発生局から各送信局へ、無線回線、有線回線のいずれかを用いて基準信号を送信し、各送信局においては、前記基準信号を受信し、これらの各放送局から送信される OFDM 変調信号のシンボルクロック位相を、前記基準信号の位相にロックさせる、

ことを特徴とする請求項 1、2、3 のいずれかに記載の直交周波数分割多重変調信号伝送方式。

【請求項 7】 前記各 OFDM 変調信号のサンプリングクロック位相、フレームクロック位相、搬送波位相の少なくとも 1 つをロックさせる、

ことを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6 のいずれかに記載の直交周波数分割多重変調信号伝送方式。

【発明の詳細な説明】

30 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、地上デジタルテレビジョン放送あるいはデジタル音声放送に適した変調方式である直交周波数分割多重（OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing）デジタル変調方式に係わり、特に、ある伝送周波数帯を用いて複数の OFDM 変調信号を送る際に使用する直交周波数分割多重変調信号伝送方式に関する。

40 【0002】 【発明の概要】 本発明は、直交周波数分割多重（OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing）変調信号の伝送方式に関するもので、ある伝送周波数帯を用いて複数の OFDM 変調信号を送る場合に、各 OFDM 変調信号のスペクトルの間に、相互の干渉による混信妨害を防ぐためのガードバンドを設定することなく、隣接する OFDM 変調信号のスペクトルが接する形で、各 OFDM 変調信号の伝送帯域を割り当て、さらに各 OFDM 変調信号のシンボルクロック位相をロックさせることにより、異なる OFDM 変調信号間に混信妨害を発生させることなく、与えられた伝送周波数帯の中に、可能な限り最大数の OFDM 変調信号を割り当て、これにより伝送周波数帯域幅当たり、最大のビット

50

レートでデータを伝送するものである。

【0003】

【従来の技術】地上デジタルテレビジョン放送あるいはデジタル音声放送に適した変調方式として、現在、OFDM変調方式が検討されている。

【0004】このOFDM変調方式は、マルチキャリア変調方式の1種であり、QPSK変調方式、16QAM変調方式や32QAM変調方式などの多値変調方式で各搬送波を変調して得られた多数のデジタル変調波を加えて1つの送信信号を生成する変調方式であり、受信側でこれを受信して、この受信動作によって得られた信号をDFTウィンドウ（離散フーリエ変換窓）内において2nd回、サンプリングし、このサンプリング動作によって得られたサンプル（入力データ）を離散フーリエ変換して各デジタル変調波の振幅と位相とを検出して送信波中に含まれているデジタルテレビジョン信号やデジタル音声信号を再生する。

【0005】そして、この場合、ある伝送周波数帯を用いて複数のOFDM変調信号を送る際、図12に示す如く各OFDM変調信号の間に、OFDMの搬送波周波数間隔の数十倍程度のガードバンドを設け、これらの各ガードバンドによって各OFDM変調信号同士の干渉による混信妨害を防ぐことが不可欠とされている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような周波数割り当てを行なうと、これらの各ガードバンドに相当する帯域幅の分だけ、帯域利用効率が低下してしまう。特に、OFDM変調信号の伝送帯域幅が、例えば数100kHz程度と、比較的狭帯域の場合には、ガードバンドによって、帯域利用効率が著しく低い値になってしまう。

【0007】本発明は上記の事情に鑑み、ある伝送周波数帯域を用いて複数のOFDM変調信号を送る場合、異なるOFDM変調信号間に相互干渉による混信妨害を発生させることなく、与えられた伝送周波数帯域の中で、可能な限り最大数のOFDM変調信号を割り当てることができ、これによって伝送周波数帯域当たり最大のビットレートでデジタルテレビジョン放送信号やデジタル音声信号などを伝送することができる直交周波数分割多重変調信号伝送方式を提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために本発明による直交周波数分割多重変調信号伝送方式は、請求項1では、ある伝送周波数帯域を用いて、複数の直交周波数分割多重（OFDM）変調信号を送る場合に、ある1個のOFDM変調信号の伝送帯域として、前記伝送周波数帯域内の周波数 f_1 から周波数 f_2 までの周波数帯域を割り当て、これを第1OFDM変調信号とし、別の1個のOFDM変調信号の伝送帯域として、周波数 f_1 から周波数 f_2 までの周波数帯域に隣接した形

で、前記伝送周波数帯域内の周波数 f_2 から周波数 f_3 までの周波数帯域を割り当て、これを第2OFDM変調信号とするとともに、これら第1OFDM変調信号および第2OFDM変調信号の伝送パラメータのうち、各搬送波の周波数間隔 Δf 、有効シンボル長 t_s 、ガードインターバル長 t_g を各々、等しい値にし、第1OFDM変調信号を構成する各搬送波の中で最も高い搬送波の周波数を最大搬送波周波数 f_a とし、第2OFDM変調信号を構成する複数の搬送波の中で最も低い搬送波の周波数を最小搬送波周波数 f_b とし、これら最大、最小搬送波周波数 f_a 、 f_b の差 $f_b - f_a$ の値を前記周波数間隔 Δf の整数倍とし、送信側において、第1OFDM変調信号のシンボルクロック位相と、第2OFDM変調信号のシンボルクロック位相とを互いにロックさせ、さらに第1OFDM変調信号および第2OFDM変調信号のサービスエリア内において、受信側における第1OFDM変調信号と第2OFDM変調信号との間に生じる相互干渉による混信妨害を最小にするように、第1OFDM変調信号のシンボルクロック位相と第2OFDM変調信号のシンボルクロック位相との位相差を設定することを特徴としている。

【0009】また、請求項2では、請求項1記載の直交周波数分割多重変調信号伝送方式において、前記第2OFDM変調信号の最小搬送波周波数 f_b と前記第1OFDM変調信号の最大搬送波周波数 f_a との差 $f_b - f_a$ の値を、第1OFDM変調信号および第2OFDM変調信号を構成する各搬送波の周波数間隔 Δf と等しくすることを特徴としている。

【0010】また、請求項3では、請求項1または2記載の直交周波数分割多重変調信号伝送方式において、ある伝送周波数帯域の中に3個以上のOFDM変調信号を割り当ててことを特徴としている。

【0011】また、請求項4では、請求項1、2、3のいずれかに記載の直交周波数分割多重変調信号伝送方式において、ある伝送周波数帯域で伝送される複数のOFDM変調信号のうち、ある1個のOFDM変調信号をシンボルクロック位相の基準とし、この位相基準となるOFDM変調信号を基準OFDM変調信号とするとともに、この基準OFDM変調信号の送信局を基準送信局とし、この基準送信局から、それ以外の送信局へ、無線回線、有線回線のいずれかを用いて前記基準OFDM変調信号を伝送し、前記基準送信局以外の送信局においては、前記基準OFDM変調信号を受信し、これらの各送信局から送信されるOFDM変調信号のシンボルクロック位相を、前記基準OFDM変調信号のシンボルクロック位相にロックさせることを特徴としている。

【0012】また、請求項5では、請求項4に記載の直交周波数分割多重変調信号伝送方式において、前記基準OFDM変調信号を前記基準送信局から前記各送信局へ分配するための無線回線として、前記基準送信局からの

放送電波を用いることを特徴としている。

【0013】また、請求項6では、請求項1、2、3のいずれかに記載の直交周波数分割多重変調信号伝送方式において、前記各OFDM変調信号のシンボルクロック位相を与える基準信号を設け、この基準信号を発生する基準信号発生局から各送信局へ、無線回線、有線回線のいずれかをを用いて基準信号を伝送し、各送信局においては、前記基準信号を受信し、これらの各放送局から送信されるOFDM変調信号のシンボルクロック位相を、前記基準信号の位相にロックさせることを特徴としている。

【0014】また、請求項7では、請求項1、2、3、4、5、6のいずれかに記載の直交周波数分割多重変調信号伝送方式において、前記各OFDM変調信号のシンボルクロック位相、サンプリングクロック位相、フレームクロック位相、搬送波位相の少なくとも1つをロックさせることを特徴としている。

【0015】

【作用】上記の構成において、請求項1では、ある伝送周波数帯域を用いて、複数の直交周波数分割多重（OFDM）変調信号を送る場合に、ある1個のOFDM変調信号の伝送帯域として、前記伝送周波数帯域内の周波数 f_1 から周波数 f_2 までの周波数帯域を割り当て、これを第1OFDM変調信号とし、別の1個のOFDM変調信号の伝送帯域として、周波数 f_1 から周波数 f_2 までの周波数帯域に隣接した形で、前記伝送周波数帯域内の周波数 f_2 から周波数 f_3 までの周波数帯域を割り当て、これを第2OFDM変調信号とするとともに、これら第1OFDM変調信号および第2OFDM変調信号の伝送パラメータのうち、各搬送波の周波数間隔 Δf 、有効シンボル長 t_s 、ガードインターバル長 t_g を各々、等しい値にし、第1OFDM変調信号を構成する各搬送波の中で最も高い搬送波の周波数を最大搬送波周波数 f_a とし、第2OFDM変調信号を構成する複数の搬送波の中で最も低い搬送波の周波数を最小搬送波周波数 f_b とし、これら最大、最小搬送波周波数 f_a 、 f_b の差 $f_b - f_a$ の値を前記周波数間隔 Δf の整数倍とし、送信側において第1OFDM変調信号のシンボルクロック位相と、第2OFDM変調信号のシンボルクロック位相とを互いにロックさせ、さらに第1OFDM変調信号および第2OFDM変調信号のサービスエリア内において、受信側における第1OFDM変調信号と第2OFDM変調信号との間に生じる相互干渉による混信妨害を最小にするように、第1OFDM変調信号のシンボルクロック位相と第2OFDM変調信号のシンボルクロック位相との位相差を設定することにより、ある伝送周波数帯域を用いて複数のOFDM変調信号を送る場合、異なるOFDM変調信号間に相互干渉による混信妨害を発生させることなく、与えられた伝送周波数帯域の中で、可能な限り最大数のOFDM変調信号を割り当て、これによって

伝送周波数帯域幅当たり最大のビットレートでテレビジョン放送信号やデジタル音声信号などを伝送する。

【0016】また、請求項2では、請求項1記載の直交周波数分割多重変調信号伝送方式において、前記第2OFDM変調信号の最小搬送波周波数 f_b と前記第1OFDM変調信号の最大搬送波周波数 f_a との差 $f_b - f_a$ の値を、第1OFDM変調信号および第2OFDM変調信号を構成する各搬送波の周波数間隔 Δf と等しくすることにより、請求項1と同様に、ある伝送周波数帯域を用いて複数のOFDM変調信号を送る場合、異なるOFDM変調信号間に相互干渉による混信妨害を発生させることなく、与えられた伝送周波数帯域の中で、可能な限り最大数のOFDM変調信号を割り当て、これによって伝送周波数帯域幅当たり最大のビットレートでテレビジョン放送信号やデジタル音声信号などを伝送する。

【0017】また、請求項3では、請求項1または2記載の直交周波数分割多重変調信号伝送方式において、ある伝送周波数帯域の中に3個以上のOFDM変調信号を割り当てることにより、請求項1、2と同様に、ある伝送周波数帯域を用いて複数のOFDM変調信号を送る場合、異なるOFDM変調信号間に相互干渉による混信妨害を発生させることなく、与えられた伝送周波数帯域の中で、可能な限り最大数のOFDM変調信号を割り当て、これによって伝送周波数帯域幅当たり最大のビットレートでテレビジョン放送信号やデジタル音声信号などを伝送する。

【0018】また、請求項4では、請求項1、2、3のいずれかに記載の直交周波数分割多重変調信号伝送方式において、ある伝送周波数帯域で伝送される複数のOFDM変調信号のうち、ある1個のOFDM変調信号をシンボルクロック位相の基準とし、この位相基準となるOFDM変調信号を基準OFDM変調信号とするとともに、この基準OFDM変調信号の送信局を基準送信局とし、この基準送信局から、それ以外の送信局へ、無線回線、有線回線のいずれかをを用いて前記基準OFDM変調信号を伝送し、前記基準送信局以外の送信局においては、前記基準OFDM変調信号を受信し、これらの各送信局から送信されるOFDM変調信号のシンボルクロック位相を、前記基準OFDM変調信号のシンボルクロック位相にロックさせることにより、請求項1、2、3と同様に、ある伝送周波数帯域を用いて複数のOFDM変調信号を送る場合、異なるOFDM変調信号間に相互干渉による混信妨害を発生させることなく、与えられた伝送周波数帯域の中で、可能な限り最大数のOFDM変調信号を割り当て、これによって伝送周波数帯域幅当たり最大のビットレートでテレビジョン放送信号やデジタル音声信号などを伝送する。

【0019】また、請求項5では、請求項4に記載の直交周波数分割多重変調信号伝送方式において、前記基準OFDM変調信号を前記基準送信局から前記各送信局へ

分配するための無線回線として、前記基準送信局からの放送電波を用いることにより、請求項4と同様に、ある伝送周波数帯域を用いて複数のOFDM変調信号を送る場合、異なるOFDM変調信号間に相互干渉による混信妨害を発生させることなく、与えられた伝送周波数帯域の中で、可能な限り最大数のOFDM変調信号を割り当て、これによって伝送周波数帯域幅当たり最大のビットレートでテレビジョン放送信号やデジタル音声信号などを伝送する。

【0020】また、請求項6では、請求項1、2、3のいずれかに記載の直交周波数分割多重変調信号伝送方式において、前記各OFDM変調信号のシンボルクロック位相を与える基準信号を設け、この基準信号を発生する基準信号発生局から各送信局へ、無線回線、有線回線のいずれかを用いて基準信号を伝送し、各送信局においては、前記基準信号を受信し、これらの各放送局から送信されるOFDM変調信号のシンボルクロック位相を、前記基準信号の位相にロックさせることにより、請求項1、2、3と同様に、ある伝送周波数帯域を用いて複数のOFDM変調信号を送る場合、異なるOFDM変調信号間に相互干渉による混信妨害を発生させることなく、与えられた伝送周波数帯域の中で、可能な限り最大数のOFDM変調信号を割り当て、これによって伝送周波数帯域幅当たり最大のビットレートでテレビジョン放送信号やデジタル音声信号などを伝送する。

【0021】また、請求項7では、請求項1、2、3、4、5、6のいずれかに記載の直交周波数分割多重変調信号伝送方式において、前記各OFDM変調信号のサンプリングクロック位相、フレームクロック位相、搬送波位相の少なくとも1つをロックさせることにより、請求項1、2、3、4、5、6と同様に、ある伝送周波数帯域を用いて複数のOFDM変調信号を送る場合、異なるOFDM変調信号間に相互干渉による混信妨害を発生させることなく、与えられた伝送周波数帯域の中で、可能な限り最大数のOFDM変調信号を割り当て、これによって伝送周波数帯域幅当たり最大のビットレートでテレ

ビジョン放送信号やデジタル音声信号などを伝送する。

【0022】

【実施例】

＜OFDM変調方式の概要説明＞まず、本発明による直交周波数分割多重変調信号伝送方式の詳細な説明に先だって、OFDM変調方式の概要について説明する。

【0023】OFDM変調方式はマルチキャリア変調方式の1種であり、図8に示す如く多数の搬送波（キャリア）を予め設定されている変調方式、例えばQPSK変調方式、16QAM変調方式や32QAM変調方式などの多値変調方式等の変調方式によって変調して得られるデジタル変調波を加え合わせてOFDMの伝送シンボルを生成することを基本としている。

【0024】この場合、OFDMの各伝送シンボルは各々、送信対象となる情報を示す有効シンボル期間 t_s と、マルチパスの影響を軽減させるために、有効シンボル期間 t_s の信号波形を巡回的に繰り返したガードインターバル t_g と呼ばれる期間とから構成されている。

そして、各伝送シンボルの有効シンボル期間 t_s におけるOFDMの伝送信号波形は次式によって表わされる。

【0025】

【数1】

$$X(t) = \sum_{k=0}^{M-1} \text{Re} [C_k e^{j2\pi (f_0 + f_k)t}] \quad \dots (1)$$

但し、 $X(t)$ ：時刻 t における伝送信号波形の値

c_k ： $c_k = a_k + j b_k$ で表わされる送信データ

f_0 ：第1搬送波の周波数

f_k ： $f_k = k / t_s$ で表わされる第 k 搬送波の周波数

t_s ：有効シンボル期間の長さ

$M-1$ ：最終搬送波の番号を示す値

k ：搬送波の番号を示す値

$\text{Re}[\omega]$ ：複素関数 ω の実部を示す表記記号

ここで、この(1)式を展開すれば、次式が得られる。

【0026】

【数2】

$$\begin{aligned}
 X(t) &= \sum_{k=0}^{M-1} \operatorname{Re} [C_k e^{i2\pi(f_0+f_k)t}] \\
 &= \sum_{k=0}^{M-1} \operatorname{Re} [C_k \{\cos \{2\pi(f_0+f_k)t\} \\
 &\quad + i \sin \{2\pi(f_0+f_k)t\}\}] \\
 &= \sum_{k=0}^{M-1} \operatorname{Re} [(a_k + i b_k) \{\cos \{2\pi(f_0+f_k)t\} \\
 &\quad + i \sin \{2\pi(f_0+f_k)t\}\}] \\
 &= \sum_{k=0}^{M-1} \operatorname{Re} [a_k \{\cos \{2\pi(f_0+f_k)t\} \\
 &\quad + i b_k \{\cos \{2\pi(f_0+f_k)t\} \\
 &\quad + i \cdot a_k \{\sin \{2\pi(f_0+f_k)t\} \\
 &\quad + i^2 \cdot b_k \{\sin \{2\pi(f_0+f_k)t\}\}] \\
 &= \sum_{k=0}^{M-1} [a_k \cdot \cos \{2\pi(f_0+f_k)t\} \\
 &\quad - b_k \cdot \sin \{2\pi(f_0+f_k)t\}] \quad \dots (2)
 \end{aligned}$$

この(2)式から明らかなように、OFDM変調方式では、各伝送シンボル期間毎に、各搬送波で2個の実数値 a_k 、 b_k を送信することができる。そして、各搬送波の周波数間隔 Δf を、有効シンボル期間 t_s の逆数 $1/t_s$ に等しくすることにより、図9に示す如く各デジタル変調波のスペクトルの零点を、隣接するデジタル変調波のキャリア周波数と一致させ、受信側でこれを離散フーリエ変換して、各搬送波周波数成分の振幅と、位相とを求めたとき、搬送波相互の干渉が発生しないようにすることができる。

【0027】そして、各伝送シンボル毎に、上述した処理を行なって、図10に示す如く数100個程度の情報伝送用シンボルに対し、2~3個の同期用・サービス識別用シンボルを付加してOFDMの1フレームを構成し、これを送信する。

【0028】《OFDM復調方式の概要説明》一方、受信側では、次に述べる手順で、OFDMを復調して、このOFDMに含まれているデジタルテレビジョン放送信号やデジタル音声信号を再生する。

【0029】まず、受信したOFDMを構成する各伝送シンボル毎に、伝送シンボル期間 $t_s + t_g$ の中にウィンドウ全体が完全に包含される位置にDFTウィンドウを設定する。DFTウィンドウの長さは有効シンボル期間 t_s と等しくなる。

【0030】この場合、図11に示す如くDFTウィンドウの中に、シンボルの切換点が入り込まないように、各伝送シンボル毎に、DFTウィンドウの位置および長さを厳密に設定する。

【0031】次いで、このDFTウィンドウの中で、OFDMの時間軸波形を通常、 2^n 回 (n は正の整数) サ

ンプリングして、離散フーリエ変換用の入力データを求め、これらの各入力データに対し、離散フーリエ変換を行なって各搬送波周波数成分の振幅と、位相とを検出して、各伝送シンボルによって構成されるデジタルテレビジョン放送信号やデジタル音声信号を再生する。

【0032】《実施例の説明》次に、上述したOFDM変調方式およびOFDM復調方式を基本とする、本発明による直交周波数分割多重変調信号伝送方式の一実施例について、詳細に説明する。

30 【0033】〈各OFDM変調信号の各搬送波周波数およびDFTウィンドウの説明〉まず、OFDMを復調する場合、DFTウィンドウの位置と長さとは上記の条件を満たすときのみ、受信側で離散フーリエ変換をした後のOFDMのスペクトルにおいて、各デジタル変調波のスペクトルの零点が図9に示す如く隣接するデジタル変調波のキャリア周波数と一致する。

【0034】これに対して、DFTウィンドウの位置または長さの少なくともいずれかが上記の条件を満たしていない場合には、各搬送波周波数において、他の搬送波のスペクトルが零にならず、搬送波間に混信が発生する。

【0035】同様に、OFDM変調信号を2個以上、周波数軸上に隣接させて配置する場合には、異なるOFDM変調信号の搬送波間に、相互干渉による混信妨害が発生しないように、上述した条件と同じ条件を設定することが必要となる。

【0036】そこで、本発明では、ある伝送周波数帯域に、複数のOFDM変調信号スペクトルを配置するにあたり、隣接する相異なるOFDM変調信号の間においても、ある1つのデジタル変調波のスペクトルの零点が、

他の搬送波のキャリア周波数と一致するようにし、さらに、ある1個のOFDM変調信号のDFTウィンドウの中に、隣接するOFDM変調信号のシンボル切替点が入り込まないようにするため、次の手順により、各OFDM変調信号の伝送帯域を定め、さらに位相関係を設定する。

【0037】(A) まず、隣接する任意の2個のOFDM変調信号を低周波側から、それぞれ第1 OFDM変調信号、第2 OFDM変調信号と呼ぶとき、第1 OFDM変調信号を構成する複数の搬送波の周波数間隔 Δf_1 と、第2 OFDM変調信号を構成する複数の搬送波の周波数間隔 Δf_2 とを等しい値にする。

【0038】(B) 第1 OFDM変調信号の最大搬送波周波数 f_a と、第2 OFDM変調信号の最小搬送波周波数 f_b との間隔 $f_b - f_a$ を、第1 OFDM変調信号および第2 OFDM変調信号を構成する複数の搬送波の周波数間隔 $\Delta f = \Delta f_1 = \Delta f_2$ の整数倍とする。すなわち、

$$N \cdot \Delta f = f_b - f_a \quad (N \text{ は整数})$$

とする。

【0039】(C) 第1 OFDM変調信号のシンボルクロック位相と、第2 OFDM変調信号のシンボルクロック位相とを互いにロックさせ、理想的には、両者のシンボル切り換え位置を一致させる。

【0040】そして、これら(A)、(B)に示す設定を行ない、さらに(C)に示すNを1以上の整数、例えば“3”に設定することによって、上述したDFTウィンドウで、第1 OFDM変調信号と第2 OFDM変調信号とを離散フーリエ変換したとき、第1 OFDM変調信号のスペクトルと、第2 OFDM変調信号のスペクトルとを図1に示す関係にすることができ、これによって両者の間に混信妨害が発生しないようにすることができる。

【0041】この場合、第1 OFDM変調信号のシンボルクロック位相と、第2 OFDM変調信号のシンボルクロック位相とが完全に一致していない場合でも、互いにシンボルクロック位相をロックし、受信側における位相ずれ値をガードインターバル長より小さくすれば、図2に示す如くシンボルクロック位相ずれ値 t_D に応じて、DFTウィンドウを適当な位置に設定することにより、第1、第2 OFDM変調信号間の混信妨害の発生を防ぐことができる。

【0042】もしこのとき、第1 OFDM変調信号のシンボルクロック位相と、第2 OFDM変調信号のシンボルクロック位相とがロックされていない場合、あるいは図3に示す如くシンボルクロック位相ずれ値 t_D が大きくなり、第1、第2 OFDM変調信号のうち、例えば第1 OFDM変調信号のDFTウィンドウの中に、第2 OFDM変調信号のシンボル切替点が入り込んでいる場合には、図1に示すスペクトル関係にならないことから、互

いのスペクトルのサイドローブが干渉しあって、混信妨害が発生する。

【0043】つまり、受信側において第1 OFDM変調信号のシンボルクロック位相と、第2 OFDM変調信号のシンボルクロック位相との位相ずれ値 t_D を、所定の値、例えばガードインターバル t_G 以内に抑えることが必要となる。

【0044】同様に、ある伝送周波数帯域に3個以上のOFDM変調信号を配置する場合にも、上述した条件を満たすことにより、各OFDM変調信号の混信妨害の発生を防止することができる。

【0045】そして、本実施例においては、ある伝送周波数帯域に複数のOFDM変調信号を割り当てるとき、前記(C)の設定において、整数Nの値を $N=1$ と設定することにより、図4に示す如く相互干渉による混信妨害を発生させることなく、各OFDM変調信号のスペクトルを完全に連続させることができる。

【0046】<各OFDM変調信号のシンボルクロック位相のロック方法>また、相異なるOFDM変調信号のシンボルクロック位相を互いにロックさせるためには、位相の基準となる信号を各OFDM送信局間で共有する必要があることから、この実施例では、次に述べる2つの方法のいずれかを使用して相異なるOFDM変調信号のシンボルクロック位相を互いにロックさせている。

【0047】第1の位相ロック方法は、位相の基準信号として、複数のOFDM変調信号の1個を使用する方法であり、図5に示す如く各OFDM送信局の1つ、例えば第1 OFDM送信局から送信される第1 OFDM変調信号(基準OFDM変調信号)を位相基準とし、その他の第2 OFDM送信局～第n OFDM送信局に前記第1 OFDM変調信号を受信させ、この第1 OFDM変調信号のシンボルクロック位相を基準位相として、これら第2 OFDM送信局～第n OFDM送信局から送信される第2 OFDM変調信号～第n OFDM変調信号のシンボルクロック位相をロックさせる。

【0048】第2の位相ロック方法は、図6に示す如くシンボルクロック位相をロックさせるとき、各OFDM変調信号以外の位相基準信号を使用する方法であり、図7に示す如く第1 OFDM送信局～第n OFDM送信局内の1つ、またはこれら第1 OFDM送信局～第n OFDM送信局と独立して設置された基準信号送信局によって第1 OFDM送信局～第n OFDM送信局から送信される第1 OFDM変調信号～第n OFDM変調信号と同じシンボルレートを持つQPSK変調方式などで変調したシングルキャリア・デジタル変調信号を発生させ、これを位相基準信号として送信させ、第1 OFDM送信局～第n OFDM送信局によって前記位相基準信号を各々、受信させ、この位相基準信号のシンボルクロック位相を基準位相として、これら第1 OFDM送信局～第n OFDM送信局から送信される第1 OFDM変調信号～

第 n OFDM変調信号のシンボルクロック位相をロックさせる。

【0049】そして、これら第1、第2の位相ロック方法により、シンボルクロック位相だけでなく、第1 OFDM送信局～第 n OFDM送信局のサンプリングクロック位相、フレームクロック位相、搬送波位相などをロックさせるようにしても良い。

【0050】＜実施例の効果＞このようにこの実施例においては、隣接する OFDM変調信号のスペクトルが接する形で、各 OFDM変調信号の伝送帯域を割り当て、さらに各 OFDM変調信号のシンボルクロック位相をロックさせることにより、異なる OFDM変調信号間に混信妨害を発生させることなく、与えられた伝送周波数帯域の中に、可能な限り最大数の OFDM変調信号を割り当てることができる。

【0051】例えば、各 OFDM変調信号の伝送帯域幅を 200 kHz としたとき、図 12 に示す従来の OFDM変調信号伝送方式で、各 OFDM変調信号スペクトルの間に 200 kHz のガードバンドを設定したときに比べて、図 4 に示す本発明による OFDM変調信号伝送方式では、帯域利用効率を約 2 倍にすることができる。

【0052】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、請求項 1～7 では、ある伝送周波数帯域を用いて複数の OFDM変調信号を送る場合、異なる OFDM変調信号間に相互干渉による混信妨害を発生させることなく、与えられた伝送周波数帯域の中で、可能な限り最大数の OFDM変調信号を割り当てることができ、これによって伝送周波数帯域幅当たり最大のビットレートでデジタルテレビジョン放送信号やデジタル音声信号などを伝送することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例において、各 OFDM変調信号の伝送帯域を定め、位相関係を設定した場合の隣接する OFDM変調信号間のスペクトル関係を示す図である。

【図 2】本発明の一実施例において、受信側で第 1 OF

DM変調信号と、第 2 OFDM変調信号との位相ずれ値 t_D がガードインターバル長 t_G より小さい場合の DFT ウィンドウ設定例を示す図である。

【図 3】第 2 OFDM変調信号のシンボル切り換え位置が第 1 OFDM変調信号の DFT ウィンドウ内に侵入する場合の位相関係例を示す図である。

【図 4】本発明の一実施例として任意の伝送周波数帯に複数の OFDM変調信号を割り当てた場合の周波数スペクトルを示す図である。

10 【図 5】図 6 は本発明による一実施例として、複数の OFDM変調信号のうち、任意の 1 個を基準 OFDM変調信号として用いる場合の OFDM送信局例を示す図である。

【図 6】本発明の一実施例として、OFDM変調信号以外の位相基準信号を用いる場合のスペクトル配置例を示す図である。

【図 7】本発明の一実施例として、OFDM変調信号以外の位相基準信号を用いる場合の OFDM送信局構成例を示す図である。

20 【図 8】OFDM変調方式で生成される OFDMの信号波形例を示す図である。

【図 9】OFDM変調方式で生成される OFDMのスペクトル例を示す図である。

【図 10】OFDM変調方式で生成される OFDMのフレーム構成例を示す図である。

【図 11】OFDM復調方式で使用する DFT ウィンドウの設定位置例を示す図である。

30 【図 12】従来の方法によって、複数の OFDM変調信号スペクトルの間にそれぞれガードバンドを設けて、伝送帯域を割り当てた場合のスペクトルの例を示す図である。

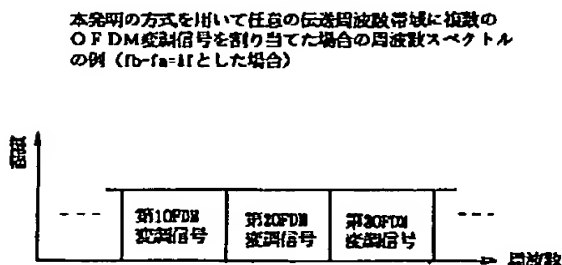
【符号の説明】

t_s 有効シンボル期間の長さ

t_G ガードインターバルの長さ

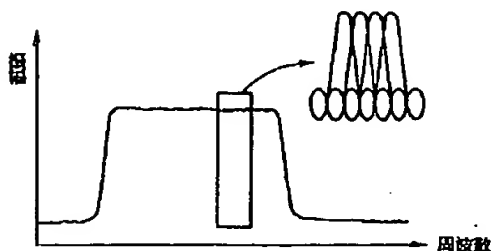
t_D 各 OFDM変調信号のシンボルクロック位相のずれ値

【図 4】



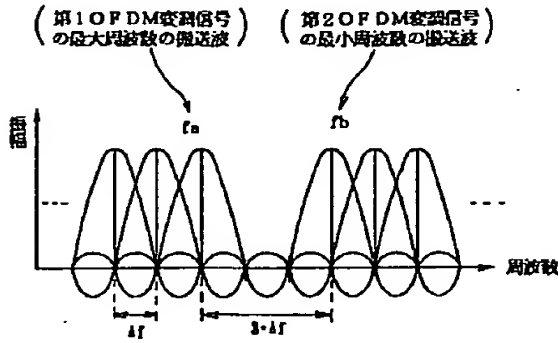
【図 9】

【OFDM変調方式】

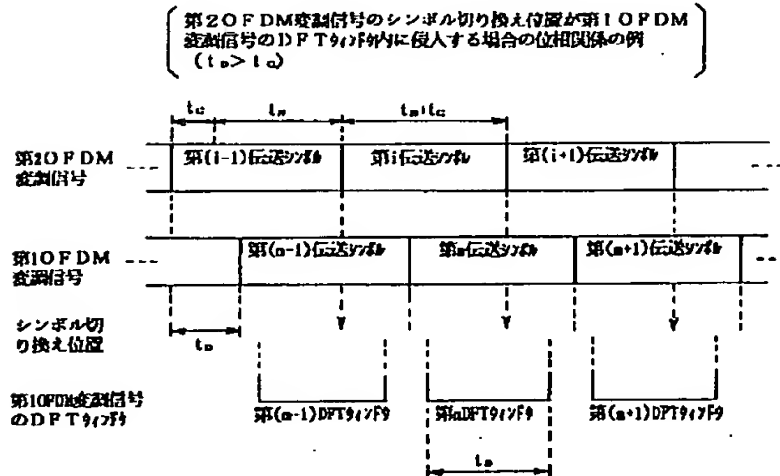


【図1】

〔本発明の方式を用いて各OFDM変調信号の伝送帯域を定め、位相関係を設定した場合の隣接するOFDM変調信号間のスペクトル関係の例 ($f_b - f_a = 2 \cdot \Delta f$ とした場合)〕

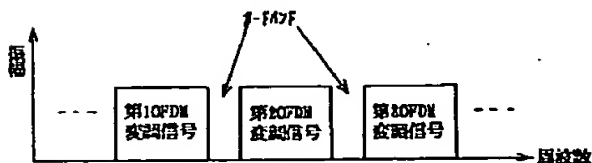


【図3】



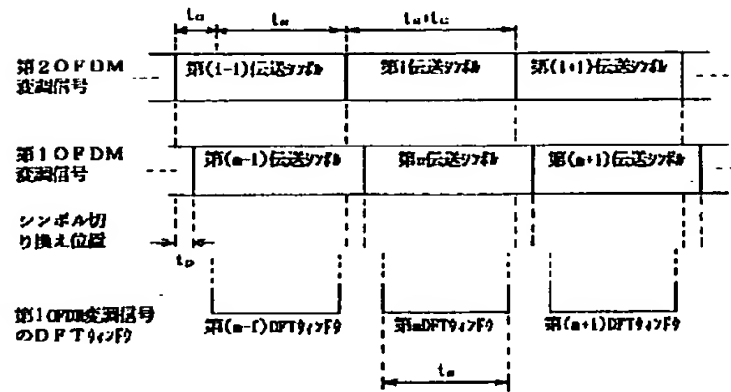
【図12】

〔従来の方法によって、複数のOFDM変調信号スペクトルの間にそれぞれガードバンドを設けて、伝送帯域を割り当てた場合スペクトルの例〕



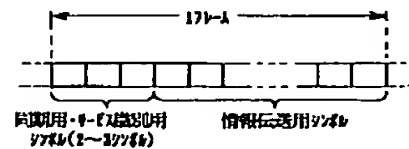
【図2】

〔本発明の方式において、受信側で第1 OFDM変調信号と第2 OFDM変調信号の位相ずれがガードインターバル長より小さい場合のDFT出力の例 ($t_g < t_a$)〕

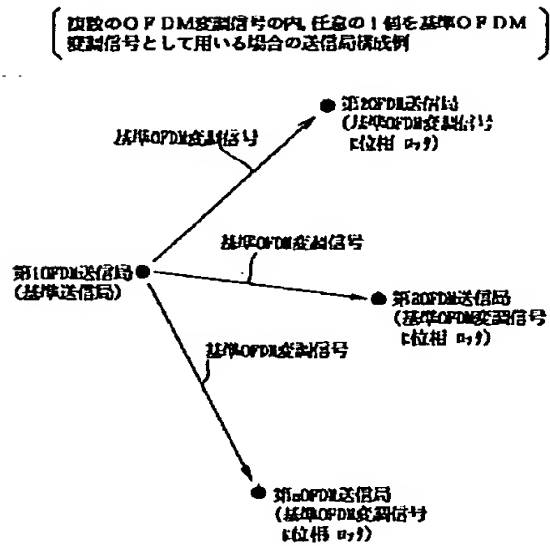


【図10】

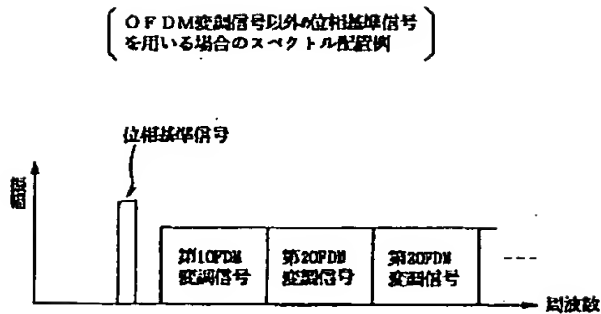
〔OFDMのレベル構成例〕



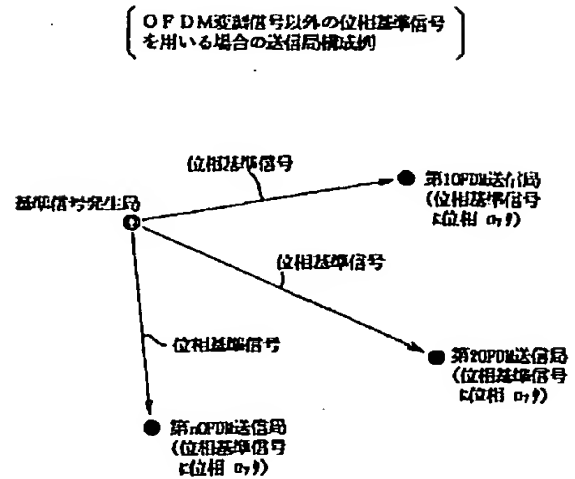
【図5】



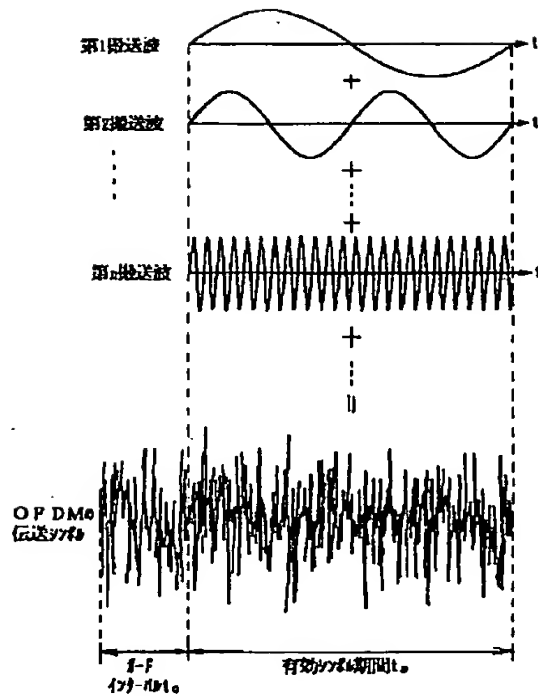
【図6】



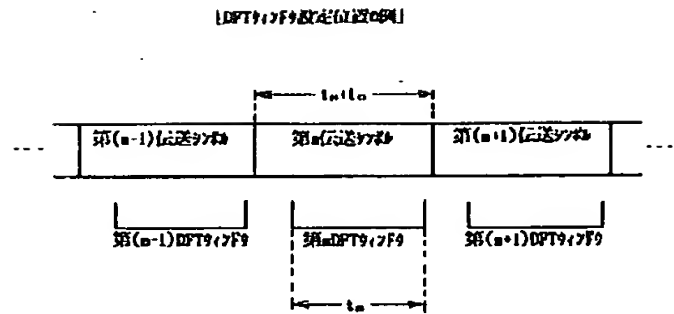
【図7】



【図8】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 高田 政幸
東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日本放
送協会放送技術研究所内

(72)発明者 中原 俊二
東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日本放
送協会放送技術研究所内

(72)発明者 土田 健一
東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日本放
送協会放送技術研究所内

(72)発明者 佐々木 誠
東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日本放
送協会放送技術研究所内

(72)発明者 山田 宰
東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日本放
送協会放送技術研究所内